

REVISÃO

Como funciona a Memória de Trabalho? Influências na aprendizagem de crianças com dificuldades de aprendizagem e crianças com desordem coordenativa desenvolvimental

How the Working Memory functioning? Influences in learning of children with typical development and development coordination disorder

Larissa W. Zanella¹, Nadia C. Valentini²

RESUMO

Crianças com dificuldades de aprendizagem podem apresentar limitações na capacidade de armazenar e/ou organizar informações processadas de forma adequada e precisa para a execução de tarefas escolares e/ou motoras. A memória de trabalho, também chamada de memória de curto prazo, é uma variável de cognição amplamente investigada nos últimos anos. Os objetivos desta revisão sistemática de literatura foram: (1) verificar a função dos componentes da memória de trabalho; (2) verificar a influência da memória de trabalho no desempenho cognitivo e nas dificuldades de aprendizagem de crianças em idade escolar; (3) verificar as limitações da memória de trabalho em crianças com Desordem Coordenativa Desenvolvimental. A busca por artigos ocorreu entre fevereiro e maio de 2013. Foram utilizadas as bases de dados PubMed e EBSCO, resultando em um total de 60 artigos incluídos. A memória de trabalho repercute na aprendizagem e déficits específicos são observados em crianças escolares com dificuldades de aprendizagem bem como em crianças com Desordem Coordenativa Desenvolvimental.

Palavras-Chave: Memória de Trabalho. Transtornos das Habilidades Motoras. Transtornos de Aprendizagem. Criança.

ABSTRACT

Children with learning disabilities may have limitations on the ability to store and / or organize information properly handled and need for implementation of school and / or motor tasks. Working memory, also called short-term memory, cognition is a variable widely investigated in recent years. The objectives of this systematic literature review were: (1) verify the function of the components of working memory in school-age children; (2) verify the influence of working memory in cognitive performance

1. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Suporte financeiro: Capes
2. PhD. em Comportamento Motor, Professora da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Correspondencia
Larissa Wagner Zanella.
Escola de Educação Física
Laboratório de Pesquisa – LAPEX, Sala 206.
Rua: Felizardo, 750 Jardim Botânico,
CEP 90690-200, Porto Alegre-RS, Brasil

Recebido em 13/10/2014
Aprovado em 06/08/2015

and learning difficulties of children of school age; (3) verify the limitations of working memory in children with Developmental Coordination Disorder. The search for articles occurred between February and May 2013. The PubMed and EBSCO data, resulting in a total of 60 included articles were used. Working memory affects the learning and specific deficits are observed in school-age children with learning difficulties as well as in children with Developmental Coordination Disorder.

Keywords: Memory, Short-Term. Motor Skills Disorders. Learning Disorders. Child.

Introdução

A memória de trabalho, também chamada de memória de curto prazo, tem recebido a atenção de pesquisadores em decorrência de seu impacto na aprendizagem.^{12,3} A memória de trabalho é um sistema de capacidade limitada que permite o armazenamento e a manipulação temporária de informações verbais ou visuais necessárias para tarefas complexas, como a compreensão, aprendizado, raciocínio e planejamento.^{4,5,6} O sistema da memória de trabalho pode ser exemplificado com o processo de compreender uma palavra pronunciada. Quando o indivíduo ouve uma palavra, o som é encaminhado para a memória sensorial, as experiências com a língua permitem que a pessoa reconheça o padrão de sons, em seguida a palavra é encaminhada para memória de trabalho onde a informação será processada. Entretanto, o processo de reconhecer o significado da palavra é desenvolvido na memória de longo prazo (local de armazenamento permanente de informações).⁷ O processo de resgatar informações da memória de longo prazo e estabelecer associações com as novas informações é o motivo pelo qual a memória de curto prazo é denominada memória de trabalho.⁵

O armazenamento de informações acontece de forma dinâmica na consciência. A capacidade de manipular e manter informações (por exemplo, as instruções de uma tarefa) é crucial para a expansão de conhecimento. Consequentemente, o desempenho da memória de trabalho é um requisito essencial para a aprendizagem,⁸ tornando-se um dos responsáveis no desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a aritmética;^{9,10,11} resolução de problemas,^{12,13} leitura e compreensão.^{1,14,15} Estudos reportam a memória de trabalho como um fator preditor do desenvolvimento da leitura e escrita¹⁶ da lógica matemática^{9,10} e de compreensão de linguagem.^{17,18}

O desenvolvimento de novas habilidades cognitivas, associado à memória de trabalho, é garantido graças ao aumento da eficácia operacional, da velocidade de processamento de informação e uma maior utilização de estratégias nas resoluções de problemas. O processamento de informações ocorre mais rapidamente e de forma automática, o que permite ao indivíduo lidar com um grande número de informações ao mesmo tempo.¹⁹ Indivíduos variam amplamente em sua capacidade de memória de trabalho, essas variações individuais tem consequências importantes na competência para adquirir conhecimentos, desenvolver novas habilidades e na prontidão para engajar em operações cognitivas complexas.

O funcionamento inadequado de um ou mais componentes da memória de trabalho está associado/relacionado com as dificuldades de aprendizagem e ao baixo rendimento escolar.¹⁹ Crianças que enfrentam dificuldades de aprendizagem podem apresentar limitações na capacidade de armazenar e/ou organizar informações processadas de forma adequada e precisa para a execução de tarefas acadêmicas¹⁹ e/ou motoras.²⁰ Pesquisas evidenciam estreitas associações entre a capacidade de crianças em idade escolar em armazenar e manipular conteúdo relativo a memória de trabalho e o progresso escolar nos domínios da linguagem, matemática.^{15,21-24}

Estudos têm também voltado sua atenção para a memória de trabalho de crianças com dificuldades de aprendizagem na escola,^{25,26} as quais não tem um diagnóstico específico mas apresentam dificuldades na compreensão,¹⁴ leitura³ muitas vezes sendo referenciadas pelas escolas como crianças com necessidades educacionais especiais.²¹ Outros estudos tem investigado crianças com Desordem Coordenativa Desenvolvidamental (DCD) uma vez que esta desordem tem se estabelecido como de proporções

intensas acometendo entre 5 e 19 % da população mundial²⁷ e estabelecendo desafios para a educação uma vez que estas crianças apresentam desempenhos escolares comprometidos.^{28,29,30} Ainda mais, estudos têm reportado que crianças com DCD podem ter suas dificuldades motoras e/ou cognitivas relacionadas à memória de trabalho. Essa relação é gerada pelas dificuldades em planejar, organizar, executar e/ou modificar seus movimentos.³¹ Como resultado desse processo, as crianças não reconhecem facilmente seus erros, tem dificuldades em aprender com esses erros ou corrigir os seus movimentos.³² Em função destas características, pesquisadores sugerem que as dificuldades motoras das crianças com atrasos motores e com DCD podem não estar apenas em aprender a movimentarem-se, mas também em aprender a utilizar das estratégias para encontrar soluções de resolução dos problemas nas tarefas motoras.^{33,34}

Portanto, os objetivos desta revisão sistemática de literatura foram: (1) verificar qual a função dos componentes da memória de trabalho reportadas na literatura; (2) verificar as influências da memória de trabalho no desempenho cognitivo de crianças em idade escolar; e (3) verificar as dificuldades na memória de trabalho em crianças com DCD.

Fonte dos dados

Foram consultadas as bases de dados *PubMed* e *EBSCO*. As palavras-chave utilizadas para a busca dos artigos foram *Working Memory*, *Short-Term*, *Memory Disable Children* e *Developmental Coordination Disorder*, de forma combinada ou isolada. Não foram limitados idiomas e ano de publicação. A busca por artigos ocorreu entre fevereiro e maio de 2013. Apenas artigos que investigaram os princípios básicos do Modelo de Memória de Trabalho de BADDELEY e HITCH (1974) e BADDELEY (2000) em crianças foram incluídos. Os artigos que não estavam diretamente relacionados com a memória de trabalho ou seus componentes e/ou que continham amostras com deficiências ou diagnóstico de patologias foram excluídos.

Avaliação e seleção dos estudos

Foram encontrados 412 artigos referentes ao tema abordado (Figura 1). Após considerar os cri-

térios de inclusão, 60 artigos de pesquisa foram mantidos (Tabela 1). Esse material foi caracterizado por abordar a memória de trabalho de crianças com desenvolvimento típico e com DCD, relacionada ou não com as dificuldades de aprendizagem. Com base nesses trabalhos, a síntese dos dados foi organizada em três fases: (1) Qualidade dos estudos e característica dos estudos; (2) uma breve exposição (itens "I" e "Ia") sobre o Modelo de Memória de Trabalho de Baddeley; e (3) o resultado da revisão sistemática de literatura (itens "II" e "IIa") que contempla as relações entre a memória de trabalho e as dificuldades de aprendizagem de crianças com desenvolvimento típico e a relação da memória de trabalho e as dificuldades enfrentadas pelas crianças com DCD.

Os sessenta estudos selecionados foram avaliados quanto a sua qualidade, de acordo com os critérios apresentados na tabela 2.

Os estudos foram avaliados em 6 critérios, cada critério contendo de 2 a 6 itens. A pontuação de cada critério foi realizada analisando se o estudo apresentava ou não determinado item. Entretanto, em cada critério apenas um item poderia ser marcado. Por exemplo, a dimensão "método de análise" possui de 1 a 6 itens para serem observados quanto aos procedimentos estatísticos, se o estudo utilizasse ANOVA (escore 2) e apresentasse *effect size* (escore 5), sua pontuação seria referente ao escore mais alto, neste caso 5 correspondente ao *effect size*. Os itens foram somados gerando um escore total de qualidade, o escore máximo possível é 14.

Síntese dos dados

Características dos estudos

Dos sessenta estudos incluídos, vinte e cinco foram publicados entre 1974 e 2004, destes, cinco eram relacionados a teoria da memória de trabalho, dezenove estudos eram relacionados aos processos de aprendizagem e 1 era relacionado à Desordem Coordenativa Desenvolvimental (DCD). Vinte e quatro estudos foram publicados entre 2005 e 2010, destes, três estudos eram relacionados a teoria da memória de trabalho, quatorze buscaram estudar a relação entre a memória de trabalho e os processos de aprendizagem e sete investigaram a relação entre a memória de trabalho e DCD. Onze

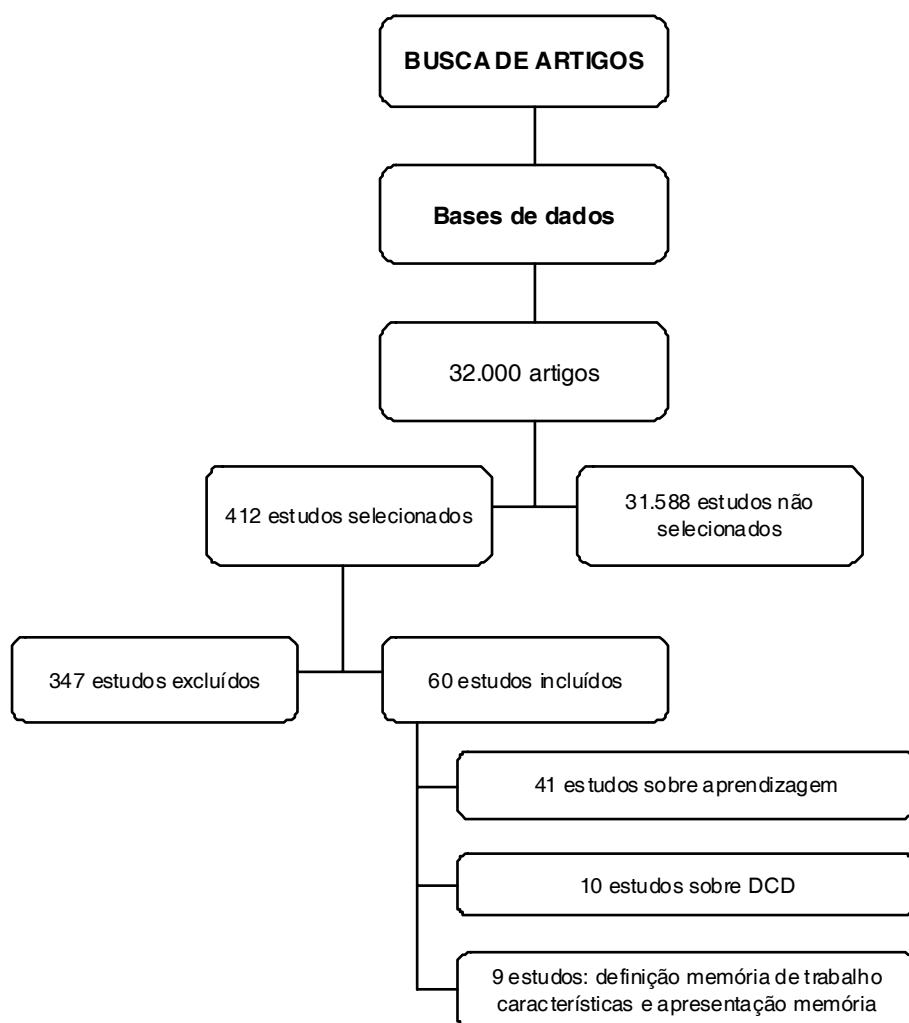


Figura 1: Processo de seleção de estudos

estudos foram publicados 2011 e 2013, destes, um estudo era direcionado a teoria da memória de trabalho, oito estudos investigaram a relação entre a memória de trabalho e os processos de aprendizagem, e dois estudos investigaram a relação entre a memória de trabalho e a DCD.

Qualidade dos estudos

Os critérios utilizados para avaliar a qualidade do estudo foram adaptados do sistema de pontuação criado por Goodson, Buhi e Dunsmore⁶⁶ apresentados na tabela 2. Os estudos avaliados apresentaram a média 4,03 de um total de 14 pontos. Nenhum estudo recebeu a pontuação máxima. Vinte e cinco estudos apresentaram pontuação superior a média de 4 pontos. Desses estudos duas ca-

racterísticas estavam ausentes em praticamente todos: longitudinalidade e randomização.

I- O modelo de multicomponentes

A apresentação do modelo de multicomponentes foi abordado em nove estudos incluídos nessa pesquisa.^{4,5,6,35-39} Um artigo apresentou a memória de trabalho e os seus primeiros componentes.⁴ Quatro estudos^{5,36,37,39} apresentaram ou revisaram especificamente cada um dos componentes da memória de trabalho. Três estudos^{6,35,38} realizaram uma análise acerca da memória de trabalho para delinear os avanços do modelo. Um estudo¹⁹ desenvolveu uma revisão de literatura sobre os principais marcos da memória de trabalho em relação a aprendizagem escolar.

Tabela 1: Descrição dos estudos incluídos na revisão sistemática

Referência	Grupo	N	Faixa etária	Objetivo
(4)	*	*	*	Apresentação da memória de trabalho e seus primeiros componentes
(5)	*	*	*	Apresentação do novo componente da memória de trabalho, o buffer episódico.
(6)	*	*	*	Análise acerca da memória de trabalho.
(19)	*	*	*	Revisão de literatura sobre os marcos mais significativos do desenvolvimento da memória de trabalho e seus prejuízos mais relevantes no contexto escolar.
(35)	*	*	*	Fornecer uma descrição funcional abrangente de memória de trabalho.
(36)	*	*	*	Estudo sobre o componente executivo central, estratégias de análise e de tarefas desempenhadas por esse componente.
(37)	*	*	*	Estudo sobre a alça fonológica, estratégias de análise e tarefas desempenhadas por esse componente.
(38)	*	*	*	Delinear avanços feitos para compreender os modelos de processamento visual-espacial, estabelecer relação entre esses processos.
(39)	*	*	*	Analisar o componente buffer episódico.
(1)	Dificuldade de aprendizagem e leitores habilidosos	54	M 137,88 meses DP 3,027	Investigar a contribuição do componente fonológico e do executivo central para as diferenças de desempenho entre leitores com dificuldades e leitores qualificados
(2)	Com e sem risco de dislexia	40	5 a 6 anos	Verificar a relação entre o sistema fonológico, memória de trabalho verbal e o risco para dislexia em crianças pré-escolares.
(3)	Com e sem dificuldades de leitura	91	8 à 10 anos	Investigar a causa dos problemas na memória de trabalho em crianças com dificuldades de leitura.
(8)	TDAH - com e sem déficit em memória de trabalho	73	6 à 12 anos	Analisar se crianças com TDAH, com e sem déficits na memória de trabalho, diferem no desempenho acadêmico.
(9)	Com e sem dificuldades de aprendizagem	40	9 anos	Verificar a influência do componente fonológico na leitura e escrita.
(10)	Crianças com DT	93	6,9 à 8,3 anos	Compreender como o componente executivo central está envolvido no desenvolvimento das habilidades matemáticas das crianças.
(11)	Crianças com DT	201	92,5 à 134,8 meses	Verificar a relação entre as habilidades fonológicas e as diferenças individuais em habilidades matemáticas de computação e investigar a fonte de co-variação entre habilidades de leitura e matemáticas.

REVISÃO DE LITERATURA
SOBRE MEMÓRIA DE TRABALHO

(continuação) **Tabela 1: Descrição dos estudos incluídos na revisão sistemática**

Referência	Grupo	N	Faixa etária	Objetivo
(12)	Com e sem dificuldades de aprendizagem	75	5,0 à 58,0 anos	Comparar tarefas de memória de curto prazo e memória de trabalho para avaliar a relação entre elas e verificar se há relação independente.
(13)	Crianças em risco e com dificuldades matemáticas	353	6 à 9 anos	Verificar a influência da memória de trabalho na capacidade de resolução de problemas em matemática.
(14)	E1: Com e sem dificuldades de leitura E2: idem E3: idem	E1: 28 E2: 32 E1: 28	E1: 6 à 11 anos E2: M 9,33 DP 0,68 E3: 6 à 11 anos	Compreender se leitores com dificuldades diferem de leitores sem dificuldades em algum dos mecanismos independentes da memória de longo prazo.
(15)	Crianças com DT	87	6 à 7 anos	Avaliar a memória de trabalho.
(16)	Crianças com e sem dificuldades em leitura	54	10 anos	Investigar a especificidade da leitura de crianças com déficits em memória e verificar se os déficits podem ser explicados por prejuízos na capacidade de armazenamento verbal.
(17)	Crianças com DT	102	8, 9 à 11 anos	Relações entre a memória de trabalho e habilidades de compreensão de leitura.
(18)	Crianças com DT	48	8,8 à 10,7 anos	Verificar a relação entre a capacidade da memória de trabalho e compreensão de leitura em crianças; verificar a origem dos cursos da memória de trabalho envolvidos na compreensão da leitura.
(20)	Crianças com DT	709	4,0 à 11,0 anos	Investigar a estrutura verbal e visuo-espacial da memória de trabalho.
(21)	Crianças com necessidades educacionais especiais	57	6,9 à 8,5 anos	Comparar as habilidades de memória de trabalho de crianças com necessidades educacionais especiais com crianças sem dificuldades.
(22)	Crianças com DT	83	7,3 à 15,2 anos	Explorar a relação entre habilidades de memória de trabalho e o desempenho em avaliações escolares.
(23)	Crianças com DT	194	M 61,13 meses DP 2,6 meses	Investigar se as habilidades de memória de trabalho estão relacionadas com as avaliações de progresso realizadas pelo professor em relação aos objetivos.
(24)	Crianças com 3 diferentes níveis de inteligência medidas pelo QI (dificuldades intelectuais leves, moderadas e graves)	63	7 à 15 anos	Identificar funções fonológicas específicas como fatores causais nos desvios qualitativos de desenvolvimento identificados em crianças com dificuldades intelectuais.
(25)	Crianças com dislexia, discalculia, dificuldades de aprendizagem mistas	66	M 102.00 meses DP 11.82 meses	Analisar três estudos que investigam a memória de trabalho de crianças com diferentes padrões de habilidades escolares.
(26)	Crianças com necessidades educacionais especiais	46	6 à 11 anos	Investigar as associações entre a memória de trabalho e as habilidades de leitura e matemática.

MEMÓRIA DE TRABALHO E APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS

(continuação) **Tabela 1: Descrição dos estudos incluídos na revisão sistemática**

Referência	Grupo	N	Faixa etária	Objetivo
(40)	*	*	*	Fornecer uma visão geral da aprendizagem motora, memória de trabalho visual e o papel da memória de trabalho na aprendizagem motora em crianças
(41)	E1: crianças com e sem dislexia E2: idem	E1: 40 E2: 36	E1: 9 à 13 anos E2: idem	Determinar a origem do déficit de memória em crianças com dislexia e determinar a medida em que a memória de curto prazo está relacionada com o desempenho em habilidades de leitura.
(42)	Crianças com deficiência visual	E1: 36 E2: 42	E1: M 11,52 DP 3,19 E2: M 12,86 DP 2,77	Explorar a contribuição dos componentes fonológico e executivo para o desempenho de memória.
(43)	Crianças com e sem desordem do espectro autista	108	8 à 17 anos	Examinar as funções executivas de memória de trabalho em crianças com Autismo.
(44)	Crianças com DT	633	4 à 6 anos	Investigar a relação da organização funcional da memória de trabalho e as habilidades cognitivas.
(45)	Crianças com DT	180	5,5 à 9,5 anos	Investigar as contribuições dos componentes alça fonológica e central executiva para as habilidades de compreensão oral.
(46)	E1: Crianças com DT E2: idem	E1: 30 E2: 61	E1: M 4,6 anos DP 4,28 E2: M 5,2 DP 3,65	Contribuições da memória fonológica para o processamento de verbal.
(47)	Crianças com DT	389	7 à 8 anos	Verificar o desempenho de memória em relação às habilidades de leitura e escrita.
(48)	Crianças com DT	69	6 à 10 anos	Verificar a contribuição da memória de trabalho para solucionar problemas de matemática.
(49)	Crianças com DT	141	8 à 10 anos	Identificar a contribuição do executivo central para diferentes funções e verificar a contribuição para as habilidades em escrita e aritmética.
(50)	Crianças com DT	65	6 à 12 anos	Investigar o processamento de tarefas de memória de trabalho verbal.
(51)	Crianças identificadas sem dificuldades, dificuldades moderadas ou graves em leitura	69	7,6 à 9,6 anos	Investigar a relação entre leitura, memória de trabalho e habilidades fonológicas e os mecanismos responsáveis sobre as diferenças da memória em crianças com diferentes níveis de habilidade de leitura.
(52)	Crianças com TDA/H, desordem de leitura e crianças com DT	291	*	Determinar a contribuição de um instrumento de avaliação de memória para uma avaliação neuropsicológica em crianças com TDA/H, desordem de leitura ou ambos.
(53)	Dificuldades específicas de leitura e grupo controle (idade e QI)	48	7,9 à 9,7 anos	Verificar o desempenho em tarefas de memória verbal de curto prazo em crianças com deficiência específica de leitura, com controles por idade de proficiência de leitura e por idade cronológica.

(continuação) **Tabela 1: Descrição dos estudos incluídos na revisão sistemática**

Referência	Grupo	N	Faixa etária	Objetivo
(54)	Bons leitores, pobres leitores e crianças com dislexia	57	M 8,10	Verificar se as diferenças de memória entre bons e maus leitores podem surgir a partir de diferenças na memória de longo prazo.
(55)	Crianças com e sem dificuldades de leitura	36	9 à 14 anos	Investigar a natureza das dificuldades em memória de trabalho verbal em crianças com dificuldades de leitura e verificar a relação ao mau processamento fonológico nessas crianças.
(56)	Crianças com baixas medidas de memória de trabalho e com DT	38	M 10,2 anos DP 9 meses	Verificar as funções executivas e memória de trabalho em crianças.
(57)	Crianças com dificuldades de aprendizagem	64	7 à 11 anos	Comparar a memória de trabalho e QI em crianças com dificuldades de aprendizagem.
(58)	Crianças com distúrbios psiquiátricos	55	6 à 13 anos	Associações do desempenho em tarefas de memória de trabalho, desempenho acadêmico e distúrbios psiquiátricos.
(59)	Crianças com DCD e crianças com dificuldades específicas de idioma	22	M 9,3 anos DP 1,36	Comparar as habilidades de linguagem de crianças com DCD com crianças com dificuldades específicas de idioma.
(60)	Crianças com DCD, risco de DCD e grupo controle	201	6 à 15 anos	Explorar a relação entre a função executiva e habilidade motora.
(30)	Crianças com desordens de desenvolvimento: linguagem, DCD, TDA/H e espectro de Asperger	163	6 à 10 anos	Comparar as habilidades de memória de trabalho em crianças com desordens de desenvolvimento e investigar se o seu diagnóstico tem impacto nas habilidades de memória.
(28)	Crianças com DCD e crianças com dificuldades de aprendizagem moderadas	40	6 à 11 anos	Comparar a memória de trabalho de crianças com DCD e crianças com outras dificuldades de aprendizagem.
(29)	Crianças com DCD e crianças com dificuldades específicas de linguagem	34	6 à 11 anos	Comparar a memória de trabalho de crianças com DCD e crianças com dificuldades específicas de linguagem.
(61)	Crianças com DCD	24	M 139 meses DP 4 meses	Investigar os mecanismos subjacentes ao déficit em memória de trabalho visuospacial em crianças com DCD.
(62)	Crianças com DCD	55	M 8,8 anos DP 19 meses	Investigar a relação entre a memória de trabalho e habilidades de leitura e matemática.
(63)	Crianças com DCD, TDA/H e com DT	155	M 9,75 anos DP 12 meses	Investigar se os padrões de desempenho da memória de trabalho diferem em função da atenção e das dificuldades motoras, e se as crianças com DCD e TDA/H podem ser discriminadas de forma confiável com base em seus déficits de memória.
(64)	Crianças com DCD e com desordem mista de Linguagem Receptivo-Expressiva	91	3 à 14 anos	Investigar o perfil de conquista de crianças com distúrbios específicos de desenvolvimento na avaliação da cognição, funções executivas e tempo de inspeção visual, bem como QI, coordenação motora e habilidades de linguagem.
(65)	Crianças com DCD, TDA/H e com DT	195	M 10,4 anos DP 2,2 meses	Avaliar se crianças com DCD e com TDA/H compartilham de medidas equivalentes em tarefas de memória de trabalho e velocidade de processamento.

MEMÓRIA DE TRABALHO DE CRIANÇAS COM DCD

Tabela 2: Critérios de avaliação da qualidade e pontuação dos estudos

Critérios	Pontuação	Distribuição das características entre os 60 estudos avaliados	
		n	(%)
Usa Teoria ou Modelo Explícitamente	Não - 0	0	(0)
	Sim - 1	60	(100)
Delineamento do Estudo Validade dos Instrumentos	Transversal - 0	56	(93,3)
	Longitudinal - 1	4	(6,7)
	Não apresenta coeficiente - 0	47	(78,3)
	Apresenta coeficientes apenas para parte dos dados - 1	2	(3,3)
	Apresenta coeficientes de outros estudos ou da própria validação do instrumento - 2	1	(1,7)
	Apresenta coeficientes de todos os instrumentos validados na própria amostra - 3	6	(10)
Método de Análise	Qualitativo - 0	19	(31,7)
	Estatística Univariada/ Descritiva - 1	4	(6,7)
	Estatística Bivariada/ ANOVA - 2	16	(26,7)
	Regressão múltipla/logística - 3	12	(20)
	Estatística Multivariada (análise de função discriminante, path analysis, structural equation model) - 4	1	(1,7)
	Algum tipo de effect size é apresentado (eta square, R ² , intervalo de confiança) - 5	11	(18,3)
Tamanho da Amostra	Pequena >100 - 0	44	(73,3)
	Média 100-300 - 1	12	(20)
	Grande <300 - 2	4	(6,7)
Seleção da Amostra	Conveniência/não probabilística - 0	54	(90)
	Randômica não representativa nacionalmente - 1	4	(6,7)
	Randômica representativa nacionalmente - 2	2	(3,3)

Nota: Sistema de pontuação adaptado^{66,67}

As pesquisas que investigam a memória de trabalho são fortemente influenciadas pelo modelo de multicomponente de memória de trabalho de Baddeley e Hitch (1974).⁴ Esse modelo expande a noção de memória passiva de curto prazo para um sistema ativo que fornece a base para as capacidades cognitivas complexas.³⁵ Estudos na área da cognição^{9,11,57} e do comportamento motor⁴⁰ têm se beneficiado do uso desse modelo desenvolvendo e testando sistemas cognitivos funcionais que possam explicar as capacidades e propriedades dos componentes da memória de trabalho em crianças. Consequentemente a memória de trabalho se tornou uma parte importante no estudo do sistema cognitivo, uma vez que proporciona ao indivíduo a capacidade para manter e manipular informações no processo de orientar e executar tarefas cognitivas complexas.³⁵ O modelo de multicomponentes

pode ser investigado de forma fracionada com processos independentes ou pode ser descrito como um sistema global constituído por um número de processos que fornecem controle da atenção sobre os outros componentes.

Inicialmente Baddeley e Hitch (1974)⁴ propuseram um modelo de memória de trabalho composto por um componente executivo central e dois sistemas de apoio denominados de (1) alça fonológica e (2) visuoespacial. Mais tarde, Baddeley (2000)⁵ aperfeiçoou esse modelo adicionando mais um componente, o *buffer* episódico. Dessa forma, o modelo de memória de trabalho é composto por quatro componentes especializados no armazenamento de informações em domínios específicos e na capacidade de modificação, atualização e inibição de informações.⁵ A seguir cada componente do modelo será discutido brevemente.

1a- Componentes executivo central, alça fonológica, visuoespacial e *buffer* episódico

O sistema executivo central controla o fluxo de informação da memória incluindo a ativação temporária da memória de longo prazo.³⁶ Esse componente é sustentado pelos componentes subordinados: alça fonológica, visuoespacial e *buffer* episódico.⁵ O executivo central possui quatro funções principais: (1) coordenar a performance em duas tarefas ou operações distintas (ex.: armazenamento e processamento da informação); (2) optar entre tarefas, estratégias de recuperação ou operações; (3) selecionar uma informação específica e inibir informações irrelevantes; e (4) ativar e recuperar informações da memória de longo prazo com o suporte do *buffer* episódico.³⁶ São funções complementares do sistema executivo central o planejamento⁴³ e atenção.⁴² Nessa abordagem multifacetada da memória de trabalho é necessário ainda definir se será mais apropriado considerar o executivo como um sistema unificado com múltiplas funções ou como um conjunto de processos de controle independentes em interação.³⁶

Estudos tem sido desenvolvidos com a meta de melhor compreender as relações e interdependência entre os componentes da memória de trabalho. Por exemplo, em um estudo com 633 crianças com idade entre 4 e 6 anos realizado na Inglaterra, investigou-se a organização funcional da memória de trabalho. Os resultados deste estudo sugerem que a capacidade cognitiva não-verbal está relativamente distinta do executivo central.⁴⁴ Ao tratar do domínio verbal outros autores sustentam que o executivo central desempenha um papel crucial na coordenação do fluxo de informações.^{4,5} Interessantemente esta suposição também tem suporte de pesquisas. Por exemplo, um estudo que investigou a compreensão verbal relacionada com as contribuições da memória de trabalho (crianças com idade entre 5 a 9 anos) sugere interdependência entre o componente executivo central e o domínio verbal.⁴⁵ Consistente com este ponto de vista, apesar de representar um fator distinto, a capacidade de repetição é altamente associada entre fatores do executivo central e a alça fonológica.⁴⁶

Esta relação entre o executivo central e a alça fonológica tem se mostrado consistente em estudos conduzidos com crianças, muitos das quais com crianças com deficiência.^{42,43} A contribuição do

executivo central apoiado no componente alça fonológica quanto ao desempenho da memória de trabalho foi explorado em um estudo com crianças com deficiência visual.⁴² Neste estudo, essas crianças demonstraram vantagens em tarefas de memória que recorrem a recursos da alça fonológica. Esta vantagem parece ser decorrente da necessidade de desenvolverem o sentido da audição de forma mais aguçada para compensar a falta da visão.⁴² Em outro estudo que comparou um grupo com dificuldades de aprendizagem e outro com leitores proficientes reporta que as crianças com dificuldades de aprendizagem apresentaram restrições no sistema articulatório* as quais repercutem negativamente no processamento executivo na compreensão de leitura.¹ Esses dados reforçam a necessidade do executivo central em apoiar-se em outros componentes para que o desempenho seja satisfatório e questionam os resultados de estudos que não encontram esta relação. Destaca-se que diferentes metodologias tem sido empregadas nestes estudos para investigar aspectos múltiplos o que, em parte, pode explicar esses resultados.

A alça fonológica é responsável por fornecer armazenamento temporário de material linguístico.⁶ Esse armazenamento é incluído em um circuito silencioso de repetição utilizado por exemplo, quando falamos conosco próprios. A alça fonológica é relacionada à aquisição de vocabulário,³⁷ compreensão da leitura,^{41,47} escrita,^{24,49} habilidades aritméticas e resolução de problemas matemáticos.^{37,48,49} As informações fonéticas codificadas são organizadas temporal e sequencialmente, mas podem ser perdidas rapidamente se a "alça articulatória" (um subcomponente da alça fonológica) não mantiver a informação através da reverberação.⁶

O principal objetivo da alça fonológica é armazenar padrões sonoros desconhecidos enquanto a memória permanente de registros está sendo construída.³⁷ Consequentemente a alça fonológica desempenha um papel crucial na aprendizagem do "formato" fonológico de novas palavras. A sensibilidade fonológica e o desempenho da recuperação verbal é significativamente diminuído quando uma

* Sistema articulatório: reverberação ou ensaio articulatório subvocal, que permite resgatar informações verbais em declínio, mantendo-as na memória de trabalho (GATHERCOLE, 1998; BADDELEY, 2003).

tarefa de armazenamento verbal é combinada com atividades de processamento visuoespacial.⁶¹ Isso ocorre por exemplo, quando crianças necessitam guardar informações ao mesmo tempo em que se envolvem em algum tipo de atividade. Ao apresentar para crianças frases em blocos e requerer que recorde das últimas palavras de cada frase, irá exigir que as crianças dividam a atenção entre o processamento da informação (compreensão de frase) e de armazenamento de informações (lembrar das palavras).⁵⁰ A alça fonológica desempenha um papel importante no processo de guardar informações que serão importantes para o processo de aprendizagem.

Consequentemente, pesquisas^{41,51,53,54} buscam entender as razões para dificuldades de leitura neste componente de memória de trabalho. Quatro possíveis contribuintes para o déficit de memória de trabalho verbal no desenvolvimento de crianças com dificuldades de leitura tem sido reportadas na literatura: (1) consciência fonológica pobre (que afeta codificação fonológica), (2) armazenamento fonológico menos eficaz, (3) velocidade lenta de articulação e (4) representação menor e/ou pior qualidade memória de longo prazo.

Estudos sugerem que (1) a memória de trabalho verbal é prejudicada em crianças com dificuldades de leitura devido à diminuição da velocidade de articulação;⁴¹ (2) indivíduos com dificuldades de leitura fazem menos uso de codificação fonológica e uso ineficiente da alça fonológica; (3) o comprometimento da alça fonológica reduz a capacidade de armazenamento e o déficit aumenta de acordo com o aumento das sequências de itens a serem lembrados em crianças com leve déficit intelectual;²⁴ (4) existe uma relação direta e significativa entre a consciência fonológica e memória de trabalho afetando a sensibilidade fonológica em habilidades de leitura em crianças pré-escolares.² Os dados referentes à alça fonológica demonstram a grande relação e influência da capacidade verbal sobre os importantes processos de aprendizagem.

O componente visuoespacial possui funções semelhantes ao componente da alça fonológica; envolve informações visuais e espaciais, armazenando-as temporariamente de forma restrita. Este componente possui papel fundamental na formação da imagem mental.³⁸ Este componente é responsável pela elaboração de esboços visuais que

podem armazenar imagens de objetos por períodos de tempo suficientes para manipulá-los com a memória visual. Tem a função de reter e processar a identidade e a localização espacial de um objeto, tornando-se essencial para muitas tarefas diárias. Detectar um objeto é um sistema extremamente eficiente e flexível que processa as informações de forma precisa e rápida durante condições de mudança contínua no *input* visual, por exemplo a posição da imagem, iluminação ambiente, tamanho do objeto.³⁸ O componente visuoespacial interfere na organização da escrita, leitura e de cálculos matemáticos.¹⁵

O *Buffer Episódico* garante a capacidade de armazenamento temporário e limitado das informações contidas em um código multimodal⁵ favorecendo as conexões na memória de longa duração em uma representação episódica unitária. Nesse modelo de memória de trabalho o *Buffer Episódico* tem característica contínua de natureza multicomponente, embora a memória de trabalho esteja intimamente associada tanto à memória de longo prazo quanto a funções perceptual e motora, o *buffer* proporciona não só um mecanismo para modelar o ambiente, mas também a criação de novas representações cognitivas, que por sua vez poderão facilitar a resolução de problemas.⁵

Resumindo, a memória de trabalho funciona de maneira dinâmica e a capacidade que a mesma possui para manipular e manter as informações são cruciais para a expansão de conhecimento. Por isso, pesquisas^{26,47} identificam a memória de trabalho como um determinante no desenvolvimento de habilidades cognitivas necessárias para a aprendizagem. Os prejuízos nesse sistema podem provocar déficits de aprendizagem, leitura, compreensão de textos. O desempenho inadequado de um ou mais componentes da memória de trabalho pode estar relacionado diretamente com as dificuldades de aprendizagem e baixo rendimento escolar.²⁶ Portanto, a seguir serão apresentadas pesquisas atuais sobre este tema e relacionados também às desordens coordenativas do desenvolvimento.

II- Dificuldades de aprendizagem e desempenho da memória de trabalho em crianças escolares

Trinta estudos investigaram a influência da memória de trabalho no desempenho escolar de crianças com dificuldades escolares (sem diagnós-

tico definido) e com desenvolvimento típico.^{1,3,9-18,20-24,26,44-51,53,55-57} Sete estudos investigaram as relações entre a memória de trabalho e as dificuldades de aprendizagem em grupos de crianças com diferentes diagnósticos, por exemplo, TDA/H^{8,52} e dislexia.^{2,21,25,41,54} Dois estudos investigaram as funções da memória de trabalho em crianças com deficiência, como autismo⁴³ e deficiência visual;⁴² e outro estudo investigou essas funções em crianças com distúrbios psiquiátricos.⁵⁸

Crianças com desempenhos pobres em tarefas relacionadas ao componente central executivo demonstram habilidades pobres nas áreas de linguagem, alfabetização e matemática.^{15,21} O componente central executivo da memória de trabalho tem sido apontado como o elemento responsável pelo fracasso ou sucesso no desempenho escolar.^{3,26,42,59} Crianças com dificuldades em tarefas de planejamento e atenção demonstraram menos capacidade de memória de trabalho;⁵⁶ ainda mais, estes resultados indicam que os problemas de memória de trabalho em crianças com dificuldades de leitura podem refletir um déficit no componente executivo central.³ Ainda mais, crianças com idades entre 6 e 11 anos com dificuldades de leitura, apresentam comprometimento na memória complexa, habilidades de linguagem e consciência fonológica.²⁶ Se estas crianças com dificuldades de leitura demonstram déficits generalizados nas tarefas simples e complexas as mesmas podem apresentar memória de trabalho mais pobre na coordenação de tarefas cognitivas mais exigentes.³ Esses resultados foram enfatizados em um estudo de metanálise⁴² com 88 pesquisas. Esta metanálise evidenciou que crianças com dificuldades de leitura são consistentemente mais desfavorecidos nas medidas de memória verbal; o desempenho da memória visuoespacial nessas crianças pode modificar de acordo com as demandas da tarefa, resultando em padrões inconsistentes de desempenho.¹⁹

Os problemas na memória de trabalho em crianças podem variar na severidade de acordo com o nível de necessidades educativas.²⁶ As crianças com problemas na memória de trabalho precisam maior esforço e foco em sala de aula, porque tem dificuldades de manter a informação suficiente que lhes permita completar a tarefa. A perda de informações cruciais a partir da memória de trabalho fará com que esqueçam de pontos importantes como

por exemplo, as instruções que estão tentando seguir e os detalhes do trabalho que estão fazendo.³⁰ Pesquisadores³⁰ reportam ainda que em estudo longitudinal em um intervalo de 2 anos que as capacidades da memória de trabalho e de conhecimento de domínio específico na primeira avaliação foram preditores significativos de aprendizado na segunda avaliação em crianças de 7 a 11 anos com dificuldades de aprendizagem. Déficits específicos na memória de trabalho tem sido associado às dificuldades de aprendizagem, independentemente do nível de inteligência de crianças.²⁵

Outro fator interessante apontado na literatura compreende fatores psicológicos, os quais são associados a memória de trabalho e dificuldades escolares. Por exemplo, Aronen e colaboradores (2005)⁵⁸ constataram que sintomas de ansiedade e depressão podem afetar a memória de trabalho e a capacidade de concentração de crianças repercutindo em baixo desempenho escolar.

Ila- Crianças com DCD e as funções da memória de trabalho

Dez estudos investigaram as funções da memória de trabalho em crianças identificadas com DCD.^{28,29,30,60,61,63,64,65} Destes, três estudos⁶⁰⁻⁶² compararam as funções da memória de trabalho em grupos de crianças com DCD e em risco de DCD, sem comparações com outros grupos. Três estudos^{30,63,65} investigaram os desempenhos de crianças com DCD e grupos de crianças com outras desordens (ex.: TDA/H) ou deficiência (ex.: Síndrome de Asperger). Outros quatro estudos^{28,29,59,64} investigaram o desempenho da memória de trabalho em grupos de crianças com DCD e com dificuldades de linguagem e aprendizagem.

A Desordem Coordenativa Desenvolvidamental (DCD) é definida como “*dificuldades significativas da coordenação motora que interferem diretamente na rotina da vida diária e no desempenho acadêmico*”.²⁷ Crianças com DCD demonstram dificuldades cognitivas de alfabetização,²³ leitura²⁶ ou linguagem⁵⁹ e desempenhos de memória de trabalho associados a dificuldades no planejamento ou compreensão.³⁴ Ainda mais as dificuldades de processamento visuoespacial⁶¹ e geral de informações,³¹ nos déficits cinestésicos,⁶³ na automatização do movimento²⁹ e nos déficits na velocidade de desempenho⁶³ podem ser decorrentes de menor capaci-

dade de memória de trabalho. Devido à grande heterogeneidade nos perfis cognitivos de crianças com DCD,⁶⁴ a relação entre déficits motores e de aprendizagem ainda necessita de aprofundamento investigativo.^{62,64}

Uma das hipóteses investigadas diz respeito ao componente visuoespacial, necessário para resolução de problemas e planejamento;²⁹ problemas nesse componente podem ser uma possível causa para as dificuldades encontradas pelas crianças com DCD. Crianças com essa desordem apresentam tempo de reação mais longo e menores índices de precisão em tarefas visuoespaciais;⁶¹ déficits significativos em memória de trabalho visuoespacial⁶¹ e déficits em todas as áreas da função de memória de trabalho.³⁸ Os déficits de memória de trabalho visuoespacial são devido ao menor número de recursos atribuídos ao comparar as localizações espaciais, menos esforço alocado para a seleção da resposta e menos processamento neural empregado durante a fase de processo de recuperação.⁶¹

Uma vez que a velocidade de processamento neural e de seleção de resposta repercutem negativamente na aprendizagem escolar^{28,29,62,63} as habilidades de leitura e matemática em crianças com DCD⁶² serão afetadas pelos déficits de memória difundida e principalmente da visuoespacial. As crianças com DCD demonstram (1) déficit na memória de trabalho, que afeta também a alfabetização e as habilidades matemáticas;⁶² (2) níveis baixos em medidas de memória verbal e visoespaciais de curto prazo e de trabalho;²⁹ (3) escores mais baixos em medidas de organização perceptual, compreensão verbal, linguagem receptiva, expressiva e tempo de inspeção visual;⁶⁴ (4) são significativamente mais lentas em tarefas escolares.⁶⁵ Essas dificuldades podem ser influenciadas por diferentes mecanismos cognitivos subjacentes e não necessariamente pelo atraso do desenvolvimento neurológico em geral e/ou distúrbios clínicos relacionados.⁶³

Portanto, crianças com DCD necessitam envolver-se em ambientes adequados às suas necessidades, com estratégias eficazes que levam em consideração essas dificuldades e problemas enfrentados. Ao contar com estratégias específicas, as crianças com DCD são estimuladas e incentivadas no processo de aprendizagem, que irá repercutir também na sua prática cotidiana e no envolvimento em atividades simples do dia-a-dia.

Considerações finais

Esta revisão sistemática de literatura aponta que dificuldades de aprendizagem em crianças podem ser observadas quando tarefas envolvem habilidades de memória de trabalho. O bom funcionamento da memória de trabalho torna-se essencial nos processos de aprendizagem de todas as crianças. Déficits específicos são observados em crianças com dificuldades de aprendizagem e em crianças com DCD. Dessa forma observamos que são necessárias pesquisas que incorporem a memória de trabalho em diversas populações infantis, incluindo aquelas com DCD.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao presente estudo.

Referências

1. Swanson HL. Reading comprehension and working memory in learning-disabled readers: Is the phonological loop more important than the executive system?. *J Exp Child Psychol.* 1999; 72: 1-31.
2. Zayed AM, Roehrig AD, Arrastia-Lloyd MC, Gilgil NM. Phonological Awareness and Working Memory in Arabic-Speaking Egyptian Preschool Children at Risk for Dyslexia. *Int J Psychol Stud.* 2013; 5: 139-150.
3. Wang S, Gathercole SE. Working memory deficits in children with reading difficulties: memory span and dual task coordination. *J Exp Child Psychol.* 2013; 115: 188-97.
4. Baddeley AD, Hitch G. Working Memory. *Psychol of learn and motiv.* 1974; 8: 47-89.
5. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends Cogn Sci.* 2000; 4 :417-23.
6. Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci.* 2003; 4 :829-39.
7. Bee H, Boyd D. A Criança em Desenvolvimento - 12a Edição. 2011; Porto Alegre: Artmed.
8. Aginsky DJ. Working Memory and academic achievement in children with attention-deficit hyperactivity disorder. 2009. (Doctoral dissertation, University of Toronto).
9. Mayringer H, Wimmer H. Pseudoname learning by German-speaking children with dyslexia: evidence for a phonological learning deficit. *J Exp Child Psychol.* 2000; 75: 116-33.
10. Bull R, Scerif G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working Memory. *Dev Neuropsychol.* 2001; 19:273-93.
11. Hecht SA, Torgesen JK, Wagner RK, Rashotte CA. The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study from second to fifth grades. *J Exp Child Psychol.* 2001; 79: 192-227.

12. Swanson HL. Short-Term Memory and Working Memory: do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities? *J Learn Disabil.* 1994; 27: 34-50.
13. Swanson HL, Jerman O, Zheng X. Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *J Educ Psychol.* 2008; 100: 343.
14. Nation K, Adams JW, Bowyer-Crane CA, Snowling MJ. Working memory deficits in poor comprehenders reflect underlying language impairments. *J Exp Child Psychol.* 1999; 73: 139-58.
15. Gathercole SE, Pickering SJ. Assessment of Working Memory in Six- and Seven-Year-Old Children. *J Educ Psychol.* 2000; 92: 377.
16. de Jong PF. Working Memory Deficits of Reading Disabled Children. *J Exp Child Psychol.* 1998; 70: 75-96.
17. Cain K, Oakhill J, Bryant P. Children's Reading Comprehension Ability: Concurrent Prediction by Working Memory, Verbal Ability, and Component Skills. *J Educ Psychol.* 2004; 96: 31.
18. Seigneuric A, Ehrlich MF, Oakhill JV, Yuill NM. Working memory resources and children's reading comprehension. *Reading and Writing.* 2000; 13: 81-103.
19. Uehara E, Landeira-Fernandez J. Um panorama sobre o desenvolvimento da memória de trabalho e seus prejuízos no aprendizado escolar. *Ciências e Cognição.* 2010; 15: 31-b41.
20. Alloway TP. Working memory and children with developmental co-ordination disorders. In: Alloway TP, Gathercole SE, editors. *Psychology Press.* New York; 2006. p. 161-87.
21. Gathercole S, Pickering S. Research Section: Working memory deficits in children with special educational needs. *Br J Spec Educ.* 2001; 28: 89-97.
22. Gathercole SE, Pickering SJ, Knight C, Stegmann Z. Working Memory Skills and Educational Attainment: Evidence from National Curriculum Assessments at 7 and 14 Years of Age. *Appl Cogn Psychol.* 2004; 18: 1-16.
23. Alloway TP, Gathercole SE, Adams AM, Willis C, Eaglen R, Lamont E. Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *Br J Dev Psychol.* 2005; 23: 417-26.
24. Schuchardt K, Maehler C, Hasselhorn M. Functional deficits in phonological working memory in children with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil.* 2011; 32: 1934-40.
25. Maehler C, Schuchardt K. Working Memory in Children with Learning Disabilities: Rethinking the criterion of discrepancy. *Int J Disabil Dev Educ.* 2011; 58:5-17.
26. Gathercole SE, Alloway TP, Willis C, Adams A-M. Working memory in children with reading disabilities. *J Exp Child Psychol.* 2006; 93:265-81.
27. American Psychological Association – DSM-IV-TR. Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. 4. ed. rev. Dornelles C, editor. Porto Alegre: Artmed; 2003.
28. Alloway TP, Temple KJ. A Comparison of Working Memory Skills and Learning in Children with Developmental Coordination Disorder and Moderate Learning Difficulties. *Appl Cogn Psychol.* 2007; 21:473-87.
29. Alloway TP, Archibald L. Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *J Learn Disabil.* 2008; 1:251-62.
30. Alloway TP, Rajendran G, Archibald LMD. Working Memory in Children With Developmental Disorders. *J Learn Disabil.* 2009; 42:372-82.
31. Piek JP, Pitcher TM. Processing deficits in children with movement and attention problems. *Developmental Motor Disorders: A Neuropsychological Perspective. The Science and Practice of Neuropsychology.* 2004; 313-327.
32. Barnhart RC, Davenport MJ, Epps SB, Nordquist VM. Developmental Coordination Disorder. *Phys Ther.* 2003; 83: 722-31.
33. Magalhães LC, Missiuna C, Wong S. Terminology used in research reports of developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol.* 2006; 48: 937-41.
34. Ferreira LF, Nascimento RO, Apolinário MR, Freudenheim AM. Desordem da coordenação do desenvolvimento. *Motriz.* 2006; 12: 283-92.
35. Repovs G, Baddeley A. The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience.* 2006; 139: 5-21.
36. Baddeley A. Exploring the Central Executive. *Q J Exp Psychol Sect A.* 1996; 49: 5-28.
37. Baddeley A, Gathercole S, Papagno C. The phonological loop as a language learning device. *Psychol Rev.* 1998; 105(1): 158.
38. McAfoose J, Baune BT. Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts and models. *NeuroPsychol Rev.* 2009; 19: 130-42.
39. Baddeley AD, Allen RJ, Hitch GJ. Binding in visual working memory: the role of the episodic buffer. *Neuropsychologia.* 2011; 49: 1393-400.
40. Jongbloed-Pereboom M, Janssen AJ, Steenbergen B, Nijhuis-van der Sanden MW. Motor learning and working memory in children born preterm: a systematic review. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012; 36: 1314-30.
41. Kibby MY. Memory Functioning in Developmental Dyslexia: An Analysis Using Two Clinical Memory Measures. *Arch Clin Neuropsychol.* 2009; 24: 245-54.
42. Swanson HL, Luxenberg D. Short-term memory and working memory in children with blindness: support for a domain general or domain specific system?. *Child Neuropsychol.* 2009; 15: 280-94.
43. Robinson S, Goddard L, Dritschel B, Wisley M, Howlin P. Executive functions in children with autism spectrum disorders. *Brain Cogn.* 2009; 71: 362-8.
44. Alloway TP, Gathercole SE, Willis C, Adams AM. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *J Exp Child Psychol.* 2004; 87: 85-106.
45. Chrysochoou E, Bablekou Z. Phonological loop and central executive contributions to oral comprehension skills of 5.5 to 9.5 years old children. *Appl Cogn Psychol.* 2011; 25: 576-83.
46. Willis CS, Gathercole SE. Phonological short-term memory contributions to sentence processing in young children. *Memory.* 2001; 9: 349-63.
47. Steinbrink C, Klatte M. Phonological Working Memory in German Children with Poor Reading and Spelling Abilities. *Dyslexia.* 2008; 14: 271-90.
48. Andersson U. The Contribution of Working Memory to Children's Mathematical Word Problem Solving. *Appl Cogn Psychol.* 2007; 21: 1201-16.
49. Andersson U. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. *Br J Educ Psychol.* 2008; 78: 181-203.

50. Magimairaj BM, Montgomery JW. Children's verbal working memory: Role of processing complexity in predicting spoken sentence comprehension. *J Speech Lang Hear Res.* 2012; 55: 669–82.
51. McDougall S, Hulme C, Ellis A, Monk A. Learning to Read: The role of short-term memory and phonological skills. *J Exp Child Psychol.* 1994; 58: 112–33.
52. Dewey D, Kaplan BJ, Crawford SG, Fisher GC. Predictive Accuracy of the Wide Range Assessment of Memory and Learning in Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Reading Difficulties. *Dev Neuropsychol.* 2001; 19: 173–89.
53. Roodenrys S, Stokes J. Serial recall and nonword repetition in reading disabled children. *Reading and Writing.* 2001; 14: 379–94.
54. McDougall SJ, Donohoe R. Reading ability and memory span/ : Long-term memory contributions to span for good and poor readers. *Reading and Writing.* 2002; 15: 359–87.
55. Kibby MY. There are multiple contributors to the verbal short-term memory deficit in children with developmental reading disabilities. *Child Neuropsychol.* 2009; 15: 485–506.
56. St Clair-Thompson HL. Executive functions and working memory behaviours in children with a poor working Memory. *Learn Individ Differ.* 2011; 21(4): 409–14.
57. Alloway TP. Working Memory, but Not IQ, Predicts Subsequent Learning in Children with Learning Difficulties. *Eur J Psychol Assess.* 2009; 25: 92–8.
58. Aronen ET, Vuontela V, Steenari MR, Salmi J, Carlson S. Working memory, psychiatric symptoms , and academic performance at school. *Neurobiol Learn Mem.* 2005; 83: 33-42.
59. Archibald L, Gathercole SE. Short-term and working memory in children with specific language impairments. *Int J Lang Commun Disord.* 2008; 41: 675–93.
60. Piek JP, Dyck MJ, Nieman A, Anderson M, Hay D, Smith LM, et al. The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Arch Clin Neuropsychol.* 2004;19:1063–76.
61. Tsai C-L, Chang Y-K, Hung T-M, Tseng Y-T, Chen T-C. The neurophysiological performance of visuospatial working memory in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol.* 2012; 54:1114–20.
62. Alloway TP. Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *J Exp Child Psychol.* 2007; 96: 20–36.
63. Alloway TP. A comparison of working memory profiles in children with ADHD and DCD. *Child Neuropsychol.* 2011; 17: 483–94.
64. Dyck M, Piek J. How to distinguish normal from disordered children with poor language or motor skills. *Int J Lang Commun Disord.* 2010; 45: 336–44.
65. Piek JP, Dyck MJ, Francis M, Conwell A. Working memory, processing speed, and set-shifting in children with developmental coordination disorder and attention-deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol.* 2007; 49: 678–83.
66. Goodson P, Buhi ER, Dunsmore SC. Self-esteem and adolescent sexual behaviors, attitudes, and intentions: a systematic review. *J Adolesc Health.* 2006; 38: 310–19.
67. Spessato BC. Competência motora, atividade física e percepção de competência: Uma relação que se fortalece ao longo da infância. Tese. Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2012.